

## Method of detecting combustion misfires

**Publication number:** DE19531845

**Publication date:** 1997-03-06

**Inventor:** MEZGER MANFRED DIPL ING (DE); LOHmann ANDREA DIPL ING (DE); RIES-MUELLER KLAUS DIPL ING (DE); FOERSTER JUERGEN DR ING DR (DE)

**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)

### Classification:

**- international:** *G01M15/11; G01M15/04; (IPC1-7): F02D41/00; F02D41/22; F02P17/00*

- european: G01M15/11

Application number: DE19951031845 19950829

Priority number(s): DE19951031845 19950829

**Also published as:**

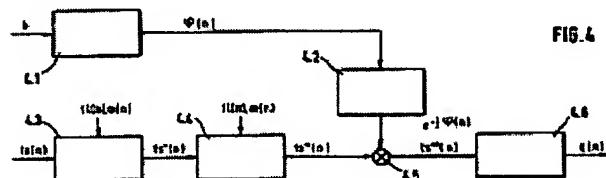
US5691469 (A1)  
JP9119338 (A)  
GB2304899 (A)  
FR2738299 (A1)

### **Report a data error here**

Abstract not available for DE19531845

Abstract of corresponding document: **US5691469**

The invention is directed to a method for detecting combustion misfires in an internal combustion engine on the basis of a first signal wherein the nonuniformity of the rotational movement of the crankshaft of the engine is imaged. The method includes the steps of: generating a second signal which is periodic and has a period duration corresponding to one of the following: the cycle duration of a complete work cycle of the engine or the cycle duration divided by a whole number, and the second signal having a fixed phase relationship to the rotational movement of said crankshaft; providing an ancillary signal based on the first signal; modulating the second signal with the ancillary signal and filtering the second signal to form a third signal; and, utilizing the third signal for detecting the presence of misfires and for identifying the cylinder affected by the misfires.



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide

USPS EXPRESS MAIL  
EV 636 852 165 US  
AUGUST 1 2006



4964

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 31 845 A 1**

⑤1 Int. Cl. 8:  
**F 02 D 41/00**  
F 02 D 41/22  
F 02 P 17/00

②1 Aktenzeichen: 195 31 845.5  
②2 Anmeldetag: 29. 8. 95  
③3 Offenlegungstag: 6. 3. 97

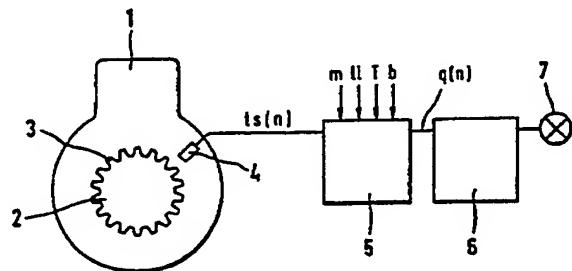
DE 19531845 A1

71 Anmelder:

72 Erfinder:  
Mezger, Manfred, Dipl.-Ing. (FH), 71706  
Markgröningen, DE; Lohmann, Andrea, Dipl.-Ing.  
(BA), 70195 Stuttgart, DE; Ries-Mueller, Klaus,  
Dipl.-Ing., 74906 Bad Rappenau, DE; Foerster,  
Juergen, Dr.-Ing. Dr., 09123 Chemnitz, DE

## 54 Verbrennungsaussetzererkennungsverfahren

57) Es wird ein Verfahren zur Erkennung von Verbrennungs-  
aussetzern vorgestellt, das auf der Basis eines ersten  
Signals arbeitet, in dem sich die Ungleichförmigkeit der  
Drehbewegung der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine  
abbildet, und bei dem ein zweites Signal erzeugt wird, das  
periodisch ist und dessen Periodendauer der Periodendauer  
eines Arbeitsspiels der Brennkraftmaschine oder dieser  
Periodendauer, geteilt durch eine ganze Zahl, entspricht und  
das eine feste Phasenbeziehung zur Drehbewegung der  
Kurbelwelle aufweist und bei dem das zweite Signal mit  
einem auf dem ersten Signal basierenden Signal moduliert  
und gefiltert wird und bei dem das aus Modulation und  
Filterung hervorgehende modulierte dritte Signal zur Erken-  
nung von Verbrennungs- aussetzern und zur Identifikation der  
betroffenen Zylinder verwendet wird.



DE 19531845 A1

USPS EXPRESS MAIL  
EV 636 852 165 US  
AUGUST 1 2006

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung von Verbrennungsaussetzern bei Verbrennungsmotoren, bspw. bei Kraftfahrzeugen.

Verbrennungsaussetzer führen zu einem Anstieg der im Betrieb des Verbrennungsmotors emittierten Schadstoffe und können darüberhinaus zu einer Schädigung eines Katalysators im Abgastrakt des Motors führen. Zur Erfüllung gesetzgeberischer Forderungen zur On-Board-Überwachung abgasrelevanter Funktionen ist eine Erkennung von Verbrennungsaussetzern im gesamten Drehzahl- und Lastbereich notwendig. In diesem Zusammenhang ist es bekannt, daß beim Betrieb mit Verbrennungsaussetzern charakteristische Änderungen des Drehzahlverlaufs des Verbrennungsmotors gegenüber dem Normalbetrieb ohne Aussetzer auftreten. Durch den Vergleich dieser Drehzahlverläufe kann zwischen Normalbetrieb ohne Aussetzer und Betrieb mit Aussetzern unterschieden werden.

Ein Erkennungssystem für Verbrennungsaussetzer besteht aus den Funktionsblöcken Sensorik, Signalverarbeitung und Merkmalsextraktion sowie Klassifikation. Die Sensorik erfaßt bspw. Segmentzeiten, d. h. Zeiten in denen die Kurbelwelle einen vorbestimmten Drehwinkelbereich überstreicht. Im Block Merkmalsextraktion werden aus den Segmentzeiten Merkmalsignale gebildet, aus denen im nachfolgenden Klassifikationsblock Verbrennungsaussetzer bspw. durch Schwellwertvergleiche oder auch durch Anwendung neuronaler Netze oder anderer bekannter Methoden erkannt werden.

Ein auf der Basis von Schwellwertvergleichen arbeitendes System ist bereits aus der DE-OS 41 38 765 bekannt.

Nach diesem bekannten Verfahren werden die Segmente bspw. durch Markierungen auf einem mit der Kurbelwelle gekoppelten Geberrad realisiert. Die Segmentzeit, in der die Kurbelwelle diesen Winkelbereich überstreicht, hängt unter anderem von der im Verbrennungstakt umgesetzten Energie ab. Aussetzer führen zu einem Anstieg der zündungssynchron erfaßten Segmentzeiten. Nach dem bekannten Verfahren wird aus Differenzen von Segmentzeiten ein Maß für die Laufunruhe des Motors berechnet, wobei zusätzlich langsame dynamische Vorgänge, zum Beispiel der Anstieg der Motordrehzahl bei einer Fahrzeugbeschleunigung, rechnerisch kompensiert werden. Ein auf diese Weise für jede Zündung berechneter Laufunruhewert wird ebenfalls zündungssynchron mit einem vorbestimmten Schwellwert verglichen. Ein Überschreiten dieses gegebenenfalls von Betriebsparametern wie Last und Drehzahl abhängigen Schwellwerts wird als Aussetzer gewertet. Dieses Verfahren basiert damit letztlich auf der Merkmalsextraktion im Zeitbereich.

Aus der US 5 200 899 und der US 5 239 473 sind weitere Verfahren bekannt, die zur Merkmalsextraktion die Transformation von Drehzahlsignalen in den Frequenzbereich mittels diskreter Fouriertransformationen nutzen. Die Darstellung der Ergebnisse läßt eine blockweise Anwendung der Transformation auf die Drehzahlssignale erkennen, wobei ein Block bspw. aus m während einer Nockenwellenumdrehung ermittelten Drehzahlsignalen gebildet werden könnte. Damit werden jedoch Einzelaussetzer nicht optimal aufgelöst. Führt man da-

gegen die Transformation gleitend durch, d. h. verschiebt man den Auswerteblock aus m Drehzahlsignalen jeweils um weniger als eine Nockenwellenumdrehung, so ergeben sich Nachteile in der Erkennung von 5 Daueraussetzern.

Die Sicherheit, mit der Aussetzer nach den bekannten Verfahren erkannt werden können, sinkt naturgemäß umso weiter ab, je weniger sich einzelne Aussetzer auf die Drehzahl der Kurbelwelle auswirken. Sie sinkt daher mit steigender Zahl der Zylinder der Brennkraftmaschine und mit zunehmender Drehzahl sowie abnehmender Last ab.

Eine geringe Erkennungssicherheit erhöht das Fehlerkennungsrisiko. Darüber hinaus wird der Applikationsaufwand zur Anpassung des Verfahrens an unterschiedliche Betriebszustände größer.

Vor diesem Hintergrund besteht die Aufgabe der Erfindung darin, ein Verfahren anzugeben, das die Sicherheit der Aussetzererkennung bei Brennkraftmaschinen 10 mit hoher Zylinderzahl auch bei hohen Drehzahlen und geringen Lasten weiter verbessert.

Diese Aufgabe wird mit der Merkmalskombination des Anspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Ge 15 genstand der abhängigen Ansprüche.

Die Erfindung betrifft die Signalverarbeitung und Merkmalsextraktion. Ihr Kern besteht darin, das von der Sensorik gelieferte Signal sowohl einem Modulationsprozeß als auch einer Filterung zu unterziehen. Zur Modulation wird zunächst ein zur Drehbewegung der Nockenwelle phasensynchrones periodisches Signal erzeugt und dessen Parameter werden anschließend durch das von der Sensorik gelieferte und ggf. bereits aufbereitete Signal beeinflußt. Die Reihenfolge von Modulation und 20 Filterung ist bei der Erfindung austauschbar. Besonders vorteilhaft ist jedoch eine Realisierung mit Filterung nach vorangegangener Modulation.

Da das erfundungsgemäß verwendete Signal eine zur Drehbewegung der Nockenwelle synchrone Phasenlage 25 besitzt, enthält das modulierte Signal ebenfalls eine nokkenwellensynchrone Phasenlage. Dadurch wird die Zuordnung von erkannten Verbrennungsaussetzern zu dem jeweils betroffenen Zylinder ermöglicht.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden in der 30 folgenden Beschreibung mit Bezug auf die Figuren erläutert.

Im einzelnen zeigt Fig. 1 das technische Umfeld der Erfindung. Fig. 2 stellt einen zur Durchführung des erfundungsgemäßen Verfahrens geeigneten Rechner dar. 35 Fig. 3 verdeutlicht das bekannte Prinzip der Bildung von Segmentzeiten als Basis eines Maßes für die Laufunruhe auf der Basis von Drehzahlmessungen. Fig. 4 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung in Funktionsblockdarstellung. Fig. 5 veranschaulicht die 40 Auswirkung von Aussetzern in der Frequenzbereichsdarstellung. Fig. 6 zeigt Signalverläufe, wie sie bei einer Realisierung der Erfindung auftreten. Fig. 7 stellt ein 45 zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung dar.

Fig. 1 zeigt eine Brennkraftmaschine 1 mit einer Sensorik aus einem Winkelgeberrad 2, das Markierungen 50 trägt, und einem Winkelsensor 4 sowie einen die Merkmalsextraktion symbolisierenden Block 5, einen die Klassifikation symbolisierenden Block 6 und ein Mittel 7 zum Anzeigen des Auftretens von Verbrennungsaussetzern. Die Drehbewegung des mit der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine gekoppelten Winkelgeberrades wird mit Hilfe des als Induktivsensor realisierten Winkelsensors 4 in ein elektrisches Signal umgewandelt,

dessen Periodizität ein Abbild des periodischen Vorbeistreichens der Markierungen 3 am Winkelsensor 4 darstellt. Die Zeitdauer zwischen einem Anstieg und einem Abfall des Signalpegels entspricht daher der Zeit, in der sich die Kurbelwelle über einen dem Ausmaß einer Markierung entsprechenden Winkelbereich weitergedreht hat.

Die Segmentzeiten werden in den folgenden Stufen weiterverarbeitet.

Der dazu verwendete Rechner kann bspw. so aufgebaut sein, wie in Fig. 2 dargestellt. Danach vermittelt eine Recheneinheit 2.1 zwischen einem Eingabeblock 2.2 und einem Ausgabeblock 2.3 unter Verwendung von in einem Speicher 2.4 abgelegten Programmen und Daten.

Die Fig. 3a zeigt eine Einteilung des Winkelgeberrades in vier Segmente, wobei jedes Segment eine vorbestimmte Zahl von Markierungen aufweist. Die Markierung OT<sub>k</sub> ist demjenigen oberen Totpunkt der Kolbenbewegung des k-ten Zylinders eines in diesem Beispiel achtzylindrigen Verbrennungsmotors ( $z=8$ ) zugeordnet, der im Verbrennungstakt dieses Zylinders liegt. Um diesen Punkt herum ist ein Drehwinkelbereich  $w_k$  definiert, der sich in diesem Beispiel über ein Viertel der Markierungen des Winkelgeberrades erstreckt. Analog sind den Verbrennungstakten der übrigen Zylinder Winkelbereiche  $w_1$  bis  $w_8$  zugeordnet, wobei hier vom Viertaktprinzip ausgegangen wird, bei dem sich die Kurbelwelle für einen vollständigen Arbeitszyklus zweimal dreht. Daher entspricht beispielsweise der Bereich  $w_1$  des ersten Zylinders dem Bereich  $w_5$  des fünften Zylinders usw. Die Lage und Länge der Segmente kann anwendungsspezifisch verändert werden. So sind auch sich überlappende Segmente, mehr als  $z$  Segmente pro Nockenwellenumdrehung bzw. unterschiedliche Lagen der Segmente zu den oberen Totpunkten der Zylinder möglich. Die Verwendung eines Segmentzeitsignals als Eingangssignal für die Merkmalsextraktionsstufe ist daher vorteilhaft, weil es in einer Motorsteuerung aus bereits vorhandenen Signalen berechnet werden kann. Mechanische Toleranzen des Winkelgeberrades lassen sich, wie aus der US 5 263 365 bekannt ist, rechnerisch ausgleichen.

Statt der Segmentzeiten kann als Eingangssignal auch der einzelnen Kurbelwellenwinkelbereichen zugeordnete mittlere Drehzahlverlauf genutzt werden.

Beispielhaft wird für die folgenden Ausführungen die oben eingeführte Teilung mit  $z$  Segmenten pro Nockenwellenumdrehung genutzt.

Weitere Eingangssignale der Merkmalsextraktionsstufe sind Motordrehzahl  $n$ , Last  $t_1$ , Temperatur  $T$  und ein Signal  $b$  zur Identifikation des ersten Zylinders.

In der Fig. 3b sind die Zeiten  $t_s$  aufgetragen, in denen die Winkelbereiche durch die Drehbewegung der Kurbelwelle überstrichen werden. Dabei ist ein Aussetzer im Zylinder  $k$  angenommen. Der mit dem Aussetzer verbundene Drehmomentausfall führt zu einem Anstieg der zugehörigen Zeitspanne  $t_s$ . Die Zeitspannen  $t_s$  stellen damit bereits ein Maß für die Laufunruhe dar, das prinzipiell zur Erkennung von Aussetzern geeignet ist.

Fig. 3c verdeutlicht den Einfluß von Drehzahländerungen auf die Erfassung der Zeitdauern  $t_s$ . Dargestellt ist der Fall einer Drehzahlabnahme, wie sie typischerweise im Schiebebetrieb eines Kraftfahrzeugs auftritt. Zur Kompensation dieses Effektes, der sich in einer verhältnismäßig gleichförmigen Verlängerung der erfaßten Zeiten  $t_s$  äußert, ist es beispielsweise bekannt, einen Korrekturterm  $D$  zur Dynamikkompensation zu bilden

und so bei der Berechnung des Laufunruhwertes zu berücksichtigen, daß der Verlängerungseffekt kompensiert wird.

Die Fig. 4 zeigt den Block 5 aus Fig. 1 in detaillierter Form. Der Block 4.1 stellt eine mit der Nockenwelle synchron laufende Winkeluhr dar. Diesem Block wird ein Identifikationssignal  $b$  zugeführt, das einen speziellen Zylinder, bspw. den ersten, identifiziert. Der Block 4.1 erzeugt ein zur Nockenwellendrehung phasensynchrones periodisches Signal  $\varphi(n)$ . Dabei numeriert  $n$  die Zündungen. Ein Bsp. eines solchen Signals ist die sägezahnartige Winkelfunktion

$$15 \quad \varphi(n) = \text{mod}_{2\pi}(n \cdot k \cdot \frac{2\pi}{z})$$

wobei  $z$  der Zahl der Zylinder entspricht und  $k$  die Ordnung, d. h. die Zahl der Schwingungsperioden pro Nockenwellenumdrehung angibt. Die gewählte Ordnung bestimmt die Signalanteile, die zur Auswertung genutzt werden. Daueraussetzer in einem Zylinder treten bspw. ebenfalls mit der Ordnung 1 auf, da sie sich nach jeweils einer Nockenwellenumdrehung wiederholen. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Ordnung  $k=1$ .

Für einen 4-Zylindermotor ( $z=4$ ) ist die Ausgangsgröße  $\varphi(n)$  des Blocks 4.1 für  $n=0$  bis 12 in Fig. 4a dargestellt. Aus dem Ausgangssignal des Blocks 4.1 erzeugt Block 4.2 als Phasengenerator die zur Drehbewegung der Nockenwelle phasensynchrone periodische Schwingung, bspw. als komplexe Exponentialfunktion  $e^{-j \cdot \varphi(n)}$ . Diese Schwingung wird im Block 4.5 multiplikativ mit Segmentzeiten  $t_s(n)$  verknüpft. Die an den Block 4.5 gelieferten Segmentzeiten können bereits aufbereitet sein, wie es durch die Blöcke 4.3 und 4.4 ange deutet wird. Dabei symbolisiert der Block 4.3 eine Geberadaption und der Block 4.4 eine Dynamikkorrektur. Beide Blöcke können abhängig von der Last  $t_1$  und der Drehzahl  $n$  des Motors arbeiten. Sie werden vorteilhafterweise bei einer Anwendung der Erfindung benutzt. Die Erfindung kann jedoch prinzipiell auch ohne diese Blöcke arbeiten, bspw. dann, wenn die Geberadsignale auch ohne Korrektur hinreichend genau sind und die Brennkraftmaschine in stationären Betriebspunkten betrieben wird. Eine Geberadaption gleicht mechanische Ungenauigkeiten des Geberades aus, die sich auf die Zeiterfassung auswirken. Bspw. können im Schiebebetrieb Zeiten für vergleichbare Segmente erfaßt und untereinander verglichen werden. Unterschiede können dann auf mechanische Ungenauigkeiten zurückgeführt und durch rechnerische Korrekturen ausgeglichen werden. Bei der Dynamikkompensation werden Drehzahländerungen, die sich über mehrere Segmentzeiten erstrecken erfaßt und ihr Einfluß auf eine einzelne Segmentzeit wird rechnerisch eliminiert.

Fig. 4b stellt für  $z=4$  und  $n=0$  bis 12 erfaßte und ggf. aufbereitete Segmentzeiten  $t_s(n)$  dar. Dabei ist ein Daueraussetzer im 4. Zylinder angenommen, was sich in einer Verlängerung der zugehörigen Segmentzeiten für  $n = 3, 7$  und  $11$  äußert. Durch die Verknüpfung der Segmentzeiten mit dem im Block 4.2 erzeugten Signal (Symbol 4.5) ergeben sich die in der Fig. 4c als Punkte in der komplexen Ebene dargestellten Signalwerte. Eine Tiefpaßfilterung dieser Signale im Block 4.6, bspw. nach der Formel

$$q(n) = \frac{1}{z} \sum_{i=0}^{z-1} ts(n-i)$$

liefert ein Merkmalsignal  $q(n)$ , wie es qualitativ in der Fig. 4c als Pfeil dargestellt ist. Das Merkmalsignal  $q(n)$  besitzt in diesem Fall einen gewissen Betrag (Pfeillänge), der anzeigt, daß Aussetzer auftreten. Die Richtung des Pfeils zeigt an, daß der 4. Zylinder von Aussetzern betroffen ist. Bei Aussetzern im Zylinder 1 würde der Pfeil bspw. in Richtung der positiven Re-Achse zeigen, bei Aussetzern im Zylinder 2 in Richtung der negativen Im-Achse und bei Aussetzern im 3. Zylinder in Richtung der negativen Re-Achse. Eine Erkennung von Aussetzern und Identifikation der betroffenen Zylinder ist daher im Rahmen des erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels durch Auswertung von Betrag und Phase des Merkmalsignals  $q(n)$  möglich.

Die Fig. 5 veranschaulicht die Wirkung von Aussetzern in der Frequenzbereichsdarstellung.

Dabei stellt die durchgezogene Linie die Anteile der Frequenzen verschiedener Ordnungen im Segmentzeit-signal dar. Die 0-te Ordnung entspricht dabei dem Gleichanteil des Signals. Die kleineren Maxima bei den verschiedenen Ordnungen  $k > 0$  lassen sich verschiedenen Effekten zuordnen. Anteile höherer Ordnung als 1 können bspw. durch mechanische Ungenauigkeiten des Geberrades hervorgerufen werden. Die erste Ordnung entspricht der Nockenwellenfrequenz und damit der Frequenz von Daueraussetzern in einem Zylinder. Die durchgezogene Linie weist einen vergleichsweise kleinen Signalanteil 1. Ordnung auf, was für aussetzerfreien Betrieb typisch ist. Treten dagegen Aussetzer in einem Zylinder auf, so wächst dieser Anteil deutlich an, wie es durch die gestrichelte Linie in der Fig. 5 symbolisiert wird.

Beim ersten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens bewirkt die Modulation eine Verschiebung des Signalspektrums um eine Ordnung nach links, so daß der für Aussetzer charakteristische Anteil an die Stelle des Gleichanteils rückt. Mit der anschließenden Tiefpaßfilterung wird der Anteil der 1. Ordnung von den übrigen Signalanteilen getrennt.

Das Ergebnis dieser Frequenzverschiebung und Filterung findet sich in der Darstellung der Fig. 4c gewissermaßen darin wieder, daß sich die Gleichanteile der Signale gegenseitig aufheben und nur der auf Aussetzer zurückzuführende Signalanteil in Gestalt der Länge des Pfeils übrig bleibt. Gleichzeitig zeigt die Darstellung der Fig. 4c, daß die Pfeilrichtung unabhängig von der Lage der vier zur Tiefpaßfilterung herangezogenen Werte ist. Damit geht das Verfahren über eine reine Frequenz- oder OrdnungsfILTERUNG hinaus und ermöglicht anhand der Phasenlage des Merkmalsignals eine Zylinderidentifikation.

Fig. 6 zeigt Meßkurven, wie sie bei einer Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfaßt wurden. Fig. 6a stellt die Bahn, d. h. den zeitlichen Verlauf eines erfindungsgemäß gebildeten Merkmalsignals  $q(n)$  in Polarkoordinaten, d. h. mit Betrag und Phasenwinkel dar. Der Merkmalspunkt bewegt sich dabei vorwiegend in der Nähe des Mittelpunkts, d. h. mit kleinem Betrag und zufällig verteilem Phasenwinkel, wie es einem aussetzerfreien Betrieb entspricht. Bei einem einzelnen Aussetzer springt der Punkt gewissermaßen in einen anderen Bereich, der um einen gewissen Betrag vom Mittelpunkt entfernt ist und eine vergleichsweise scharf

definierte Phase besitzt. Aus dieser Fig. wird deutlich, daß sich bereits einzelne Aussetzer mit Hilfe der Erfindung detektieren und einem Zylinder zuordnen lassen. Die Fig. 6b zeigt Daueraussetzer in 6 Zylindern eines 12-Zylindermotors. Anhand dieser Fig. wird deutlich, daß sich Merkmalspunkte von Aussetzern in verschiedenen Zylindern in deutlich voneinander unterscheidbaren Bereichen des Koordinatensystems konzentrieren und somit unterscheidbar sind. Mit anderen Worten: Das erfindungsgemäße Verfahren beinhaltet gewissermaßen eine integrierte Phasenkorrektur, so daß die Signalanteile der Einzelaussetzer sehr schmale Trajektorien ergeben. Dies begünstigt in Verbindung mit der Lage der Maxima die Zylinderidentifikation. Auch für Daueraussetzer ergeben sich kompakte Klassenräume mit charakteristischen Übergängen, welche eine sehr gute Trennbarkeit ermöglichen. Damit besitzt das erfindungsgemäß gebildete Merkmalsignal  $q(n)$  sehr gute Eigenschaften für die nachfolgende Klassifikationsstufe.

Als Alternative zum Ausführungsbeispiel der Fig. 4 kann die Reihenfolge von Modulation und Filterung vertauscht werden. Dargestellt ist dies in Fig. 7. Im Unterschied zu Fig. 4 wird die Tiefpaßfilterung durch eine Bandpaßfilterung ersetzt. In beiden Ausführungsbeispielen kann mit negativen Ordnungen gearbeitet werden.

$$30 \quad ts'''(n) = \frac{1}{z} \sum_{i=0}^{z-1} ts''(n-i) \cdot e^{j \cdot 2 \pi i k / z}$$

$$35 \quad q(n) = ts'''(n) \cdot e^{-j \cdot \Phi(n)}$$

Dieses Ausführungsbeispiel benötigt allerdings einen höheren Rechenaufwand.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung von Verbrennungsaussetzern auf der Basis eines ersten Signals, in dem sich die Ungleichförmigkeit der Drehbewegung der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine abbildet,

— bei welchem Verfahren ein zweites Signal erzeugt wird, das periodisch ist und dessen Periodendauer der Periodendauer eines Arbeitsspiels der Brennkraftmaschine oder dieser Periodendauer geteilt durch eine ganze Zahl entspricht und das eine feste Phasenbeziehung zur Drehbewegung der Kurbelwelle aufweist, dadurch gekennzeichnet,

— daß das zweite Signal mit einem auf dem ersten Signal basierenden Signal moduliert und gefiltert wird und

— daß das aus Modulation und Filterung hervorgehende dritte Signal zur Erkennung von Verbrennungsaussetzern und zur Identifikation der betroffenen Zylinder verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Betrag des dritten Signals auf das Auftreten von Verbrennungsaussetzern und aus der Phase auf den betroffenen Zylinder geschlossen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zunächst die Modulation erfolgt und daß das modulierte Signal tiefpaßgefiltert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Modulation zunächst eine Bandpaßfilterung des ggf. aufbereiteten ersten Signals erfolgt.

5

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

FIG. 1

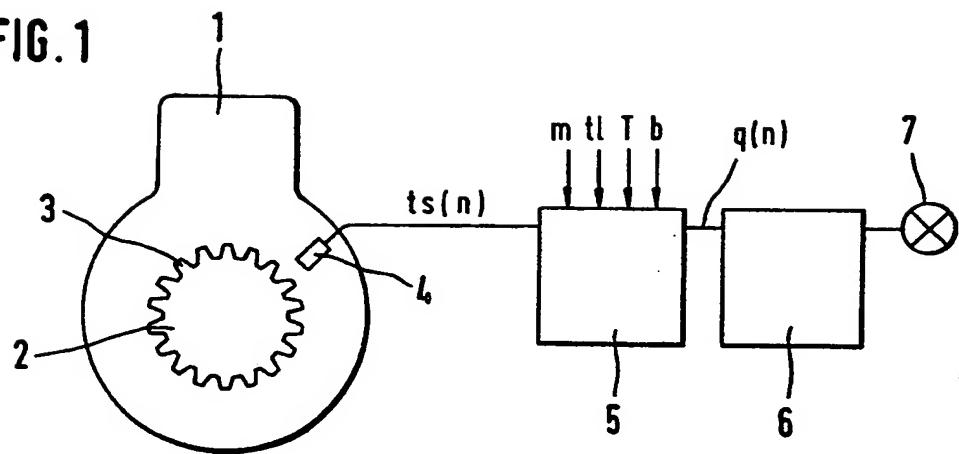


FIG. 2

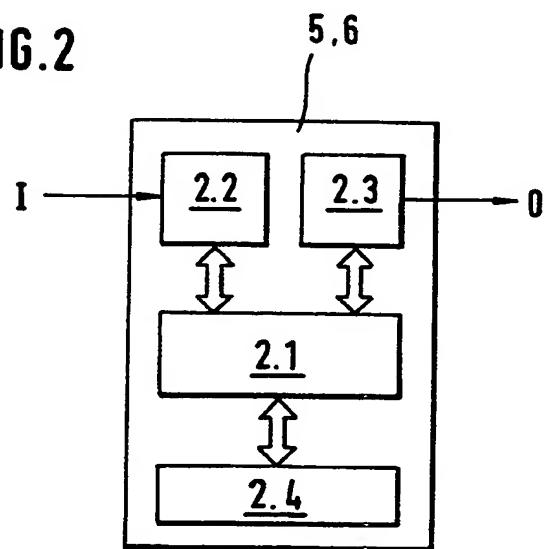
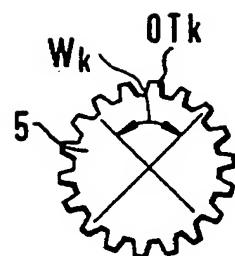
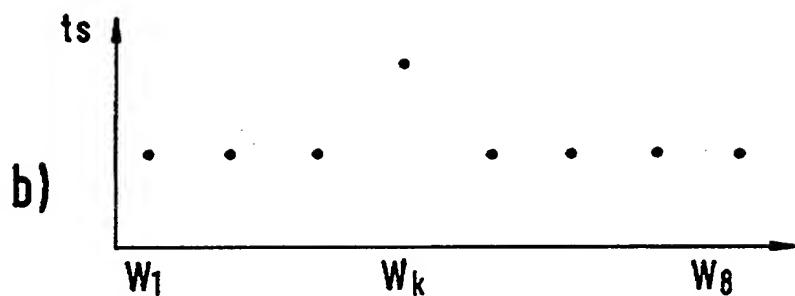


FIG. 3

a)



b)



c)

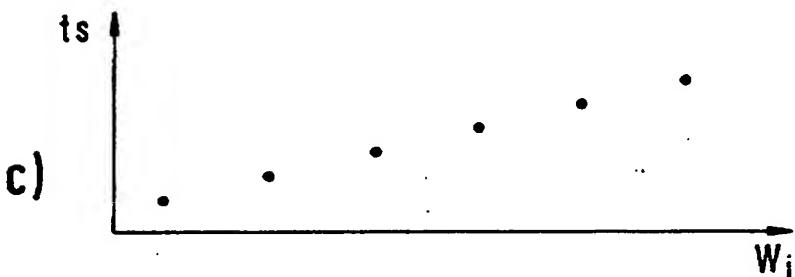


FIG. 4

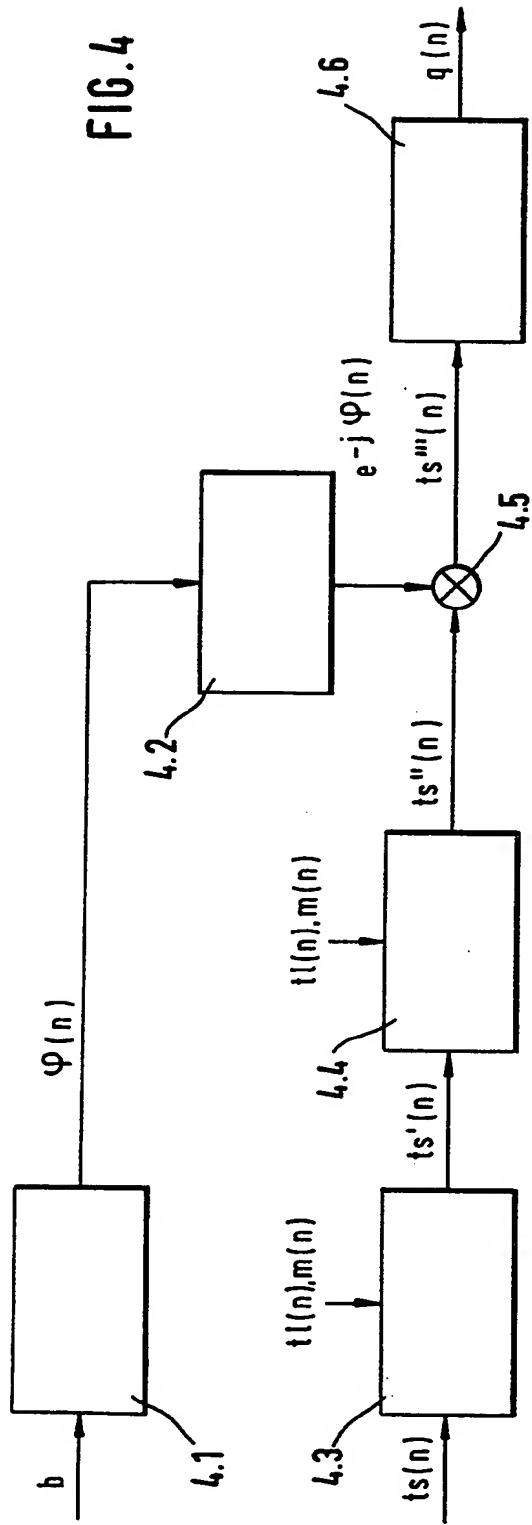


FIG. 4a

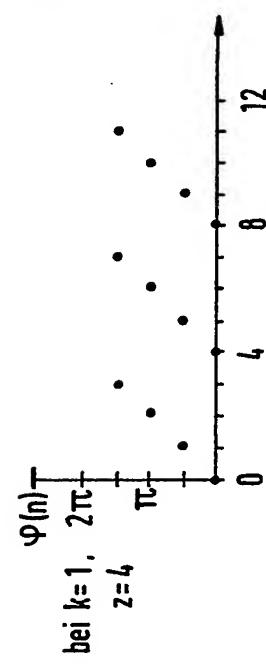


FIG. 4c

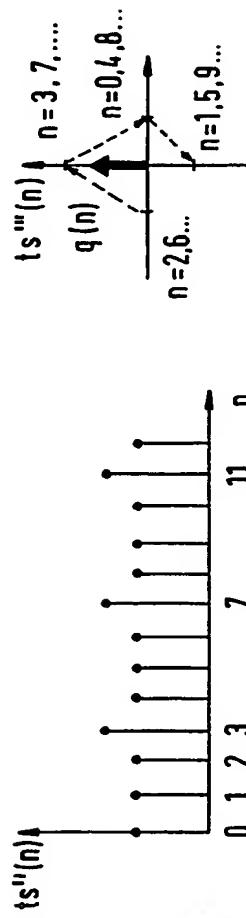


FIG. 4b

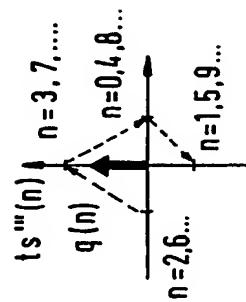


FIG. 4c

FIG.5

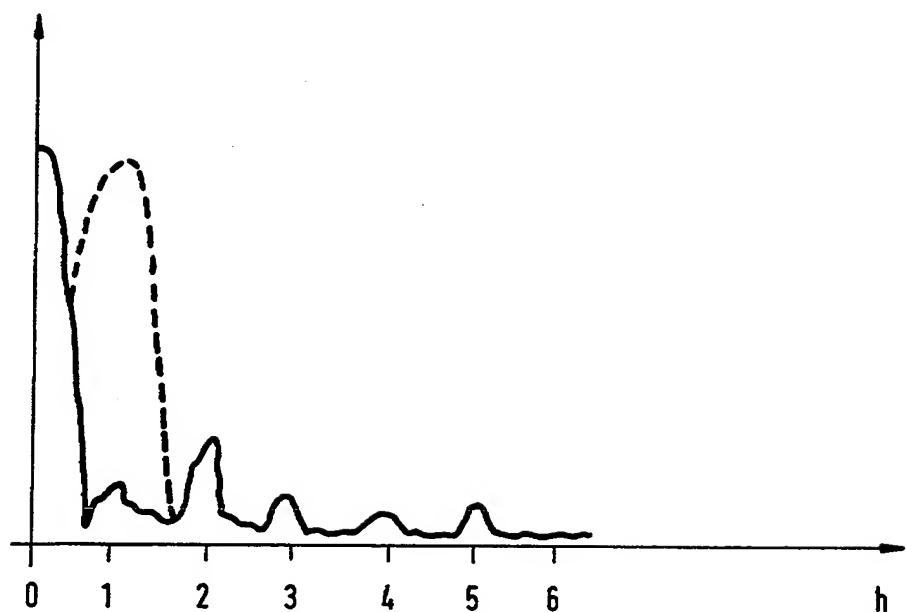
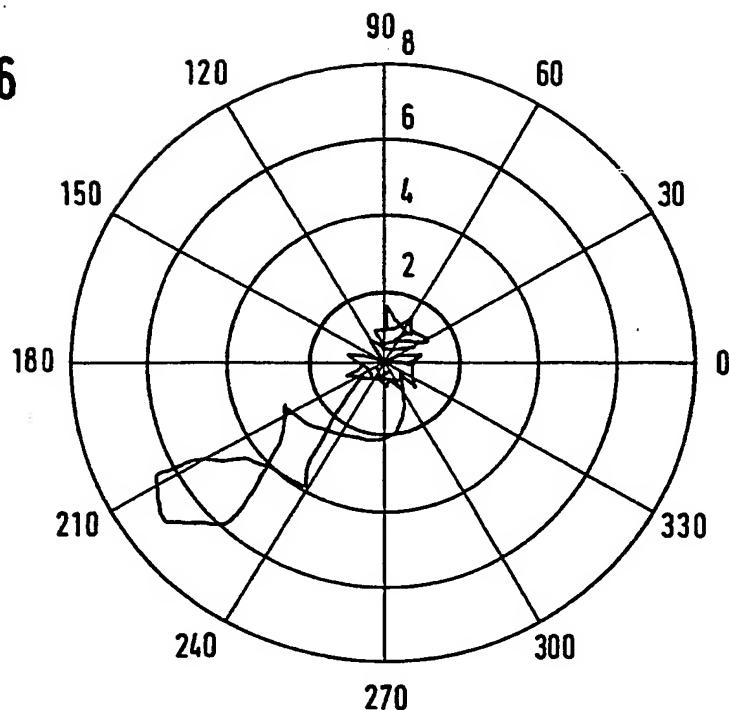


FIG.6

a)



b)

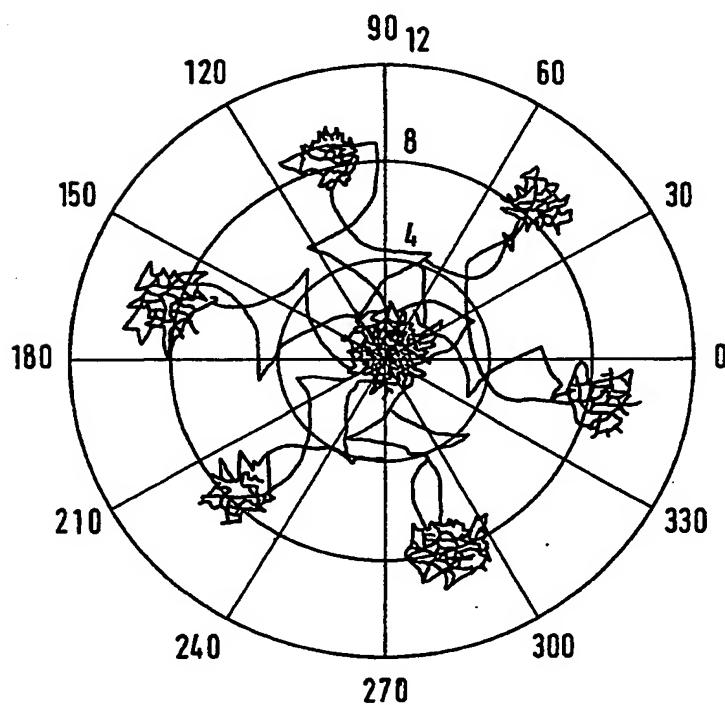


FIG.7

